



模拟电子电路实验

音响放大系统设计



1

实验目的

2

实验原理

3

实验内容

4

设计指导



1



实验目的

1

掌握音响放大系统的设计方法和调试方法

2

掌握基本单元电路的设计、实验测量过程、性能分析等实验内容

3

掌握由多个单元电路构成模拟电子系统的方法

4

理解电子系统中有大小信号时的布局走线方式，电源的滤波处理等



2



实验原理

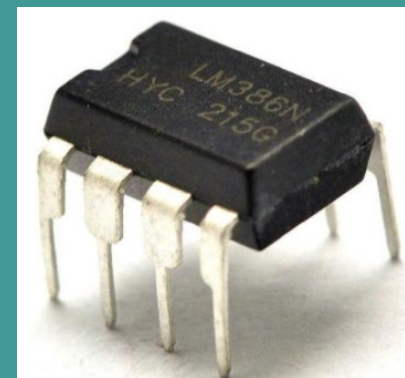
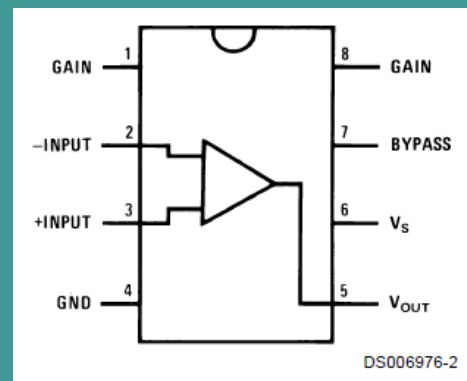
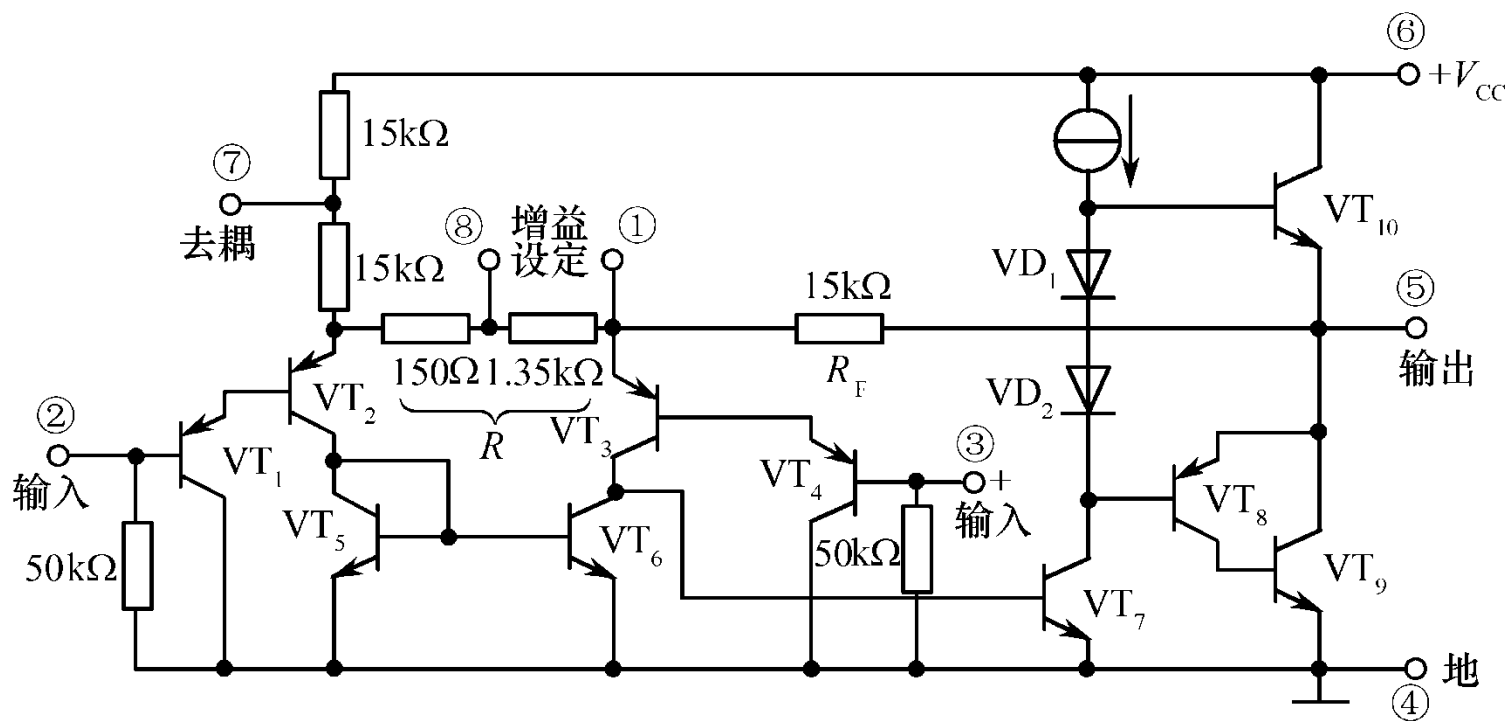
2

实验原理

集成功率放大器

LM386——广泛用于音响、电视和小电机的驱动

使用方法原则上与集成运放相同，注意极限参数（功耗、最大允许电源电压等）



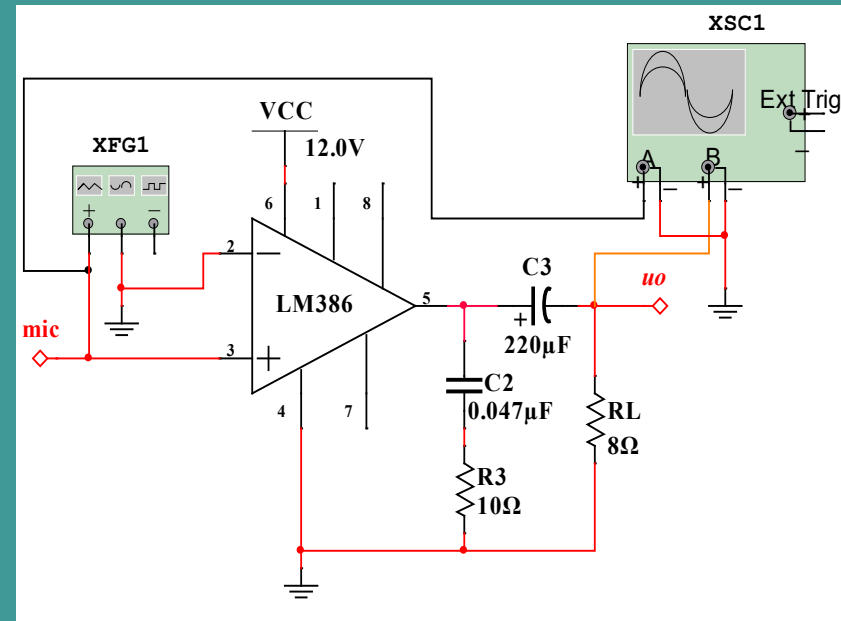
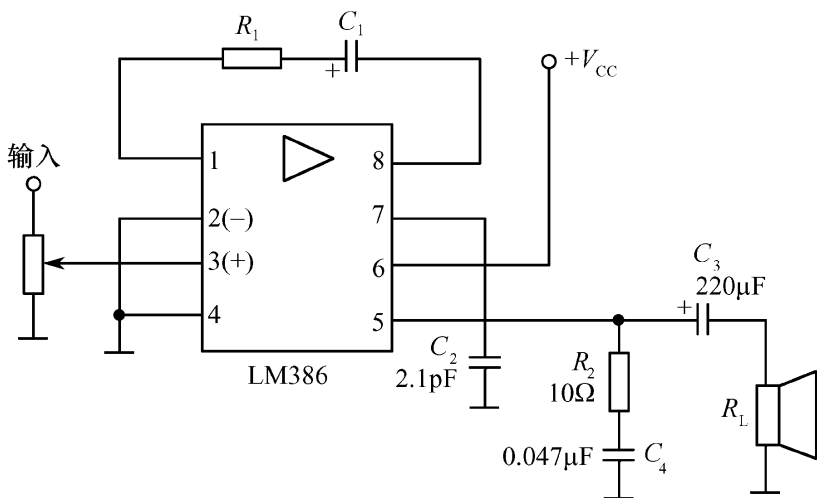
2

实验原理

集成功率放大器

LM386——单电源，OTL电路结构

改变 R_1 ，放大倍数可以从20 (26dB) 到200 (46dB)
之间调整



Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

 $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_S)					
LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_Q)	$V_S = 6\text{V}$, $V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	$V_S = 6\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, THD = 10%	250	325		mW
LM386N-3	$V_S = 9\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, THD = 10%	500	700		mW
LM386N-4	$V_S = 16\text{V}$, $R_L = 32\Omega$, THD = 10%	700	1000		mW
Voltage Gain (A_V)	$V_S = 6\text{V}$, $f = 1\text{ kHz}$ 10 μF from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6\text{V}$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, $P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}$, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6\text{V}$, $f = 1\text{ kHz}$, $C_{BYPASS} = 10\text{ }\mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		k Ω
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_S = 6\text{V}$, Pins 2 and 3 Open		250		nA

2

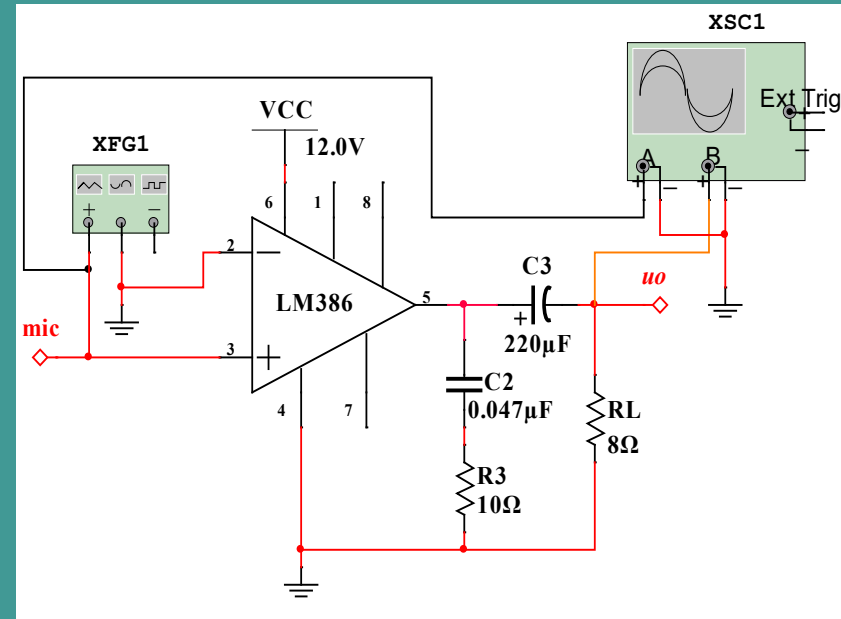
集成功放性能的测量

输入一个1kHz的正弦波，测量电路参数
放大倍数、输出电压、输出功率、效率等

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

 $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_S)					
LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_Q)	$V_S = 6\text{V}$, $V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	$V_S = 6\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, THD = 10%	250	325		mW
LM386N-3	$V_S = 9\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, THD = 10%	500	700		mW
LM386N-4	$V_S = 16\text{V}$, $R_L = 32\Omega$, THD = 10%	700	1000		mW
Voltage Gain (A_V)	$V_S = 6\text{V}$, $f = 1\text{ kHz}$ $10\text{ }\mu\text{F}$ from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6\text{V}$, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6\text{V}$, $R_L = 8\Omega$, $P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}$, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6\text{V}$, $f = 1\text{ kHz}$, $C_{BYPASS} = 10\text{ }\mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		$\text{k}\Omega$
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_S = 6\text{V}$, Pins 2 and 3 Open		250		nA



2

创建LM386模型过程

查看二维码可以看到完整的创建过程

- ① 下载LM386.cir和LM386.sym文件
- ② 根据创建过程在Multisim中创建LM386器件



创建 386
模型过程



3



实验内容

3

实验内容

设计一个音响放大系统，要求对接入的背景音乐信号和话筒输入信号进行调节和混响，放大到足够的功率后在喇叭上播放。

电路实现的功能与技术指标如下：

1、基本要求

功能要求：有两路输入：话筒输入、Line输入，音量分别可调；
两路信号混合并放大，由音量电位器控制输出功率的大小

额定功率： $\geq 0.5\text{W}$ (失真度 $\text{THD} \leq 10\%$)

负载阻抗： 8Ω

频率响应： $f_L \leq 50\text{Hz}$ $f_H \geq 20\text{kHz}$

输入阻抗： $\geq 20\text{k}\Omega$

话音输入灵敏度： $\leq 5\text{mV}$

2、提高要求

音调控制特性： 1kHz 处增益为 0dB ， 125Hz 和
 8kHz 处有 $\pm 12\text{dB}$ 的调节范围。

3、创新发挥

设计完成一套完整的双声道简易卡拉OK功放系统。



4



设计指导

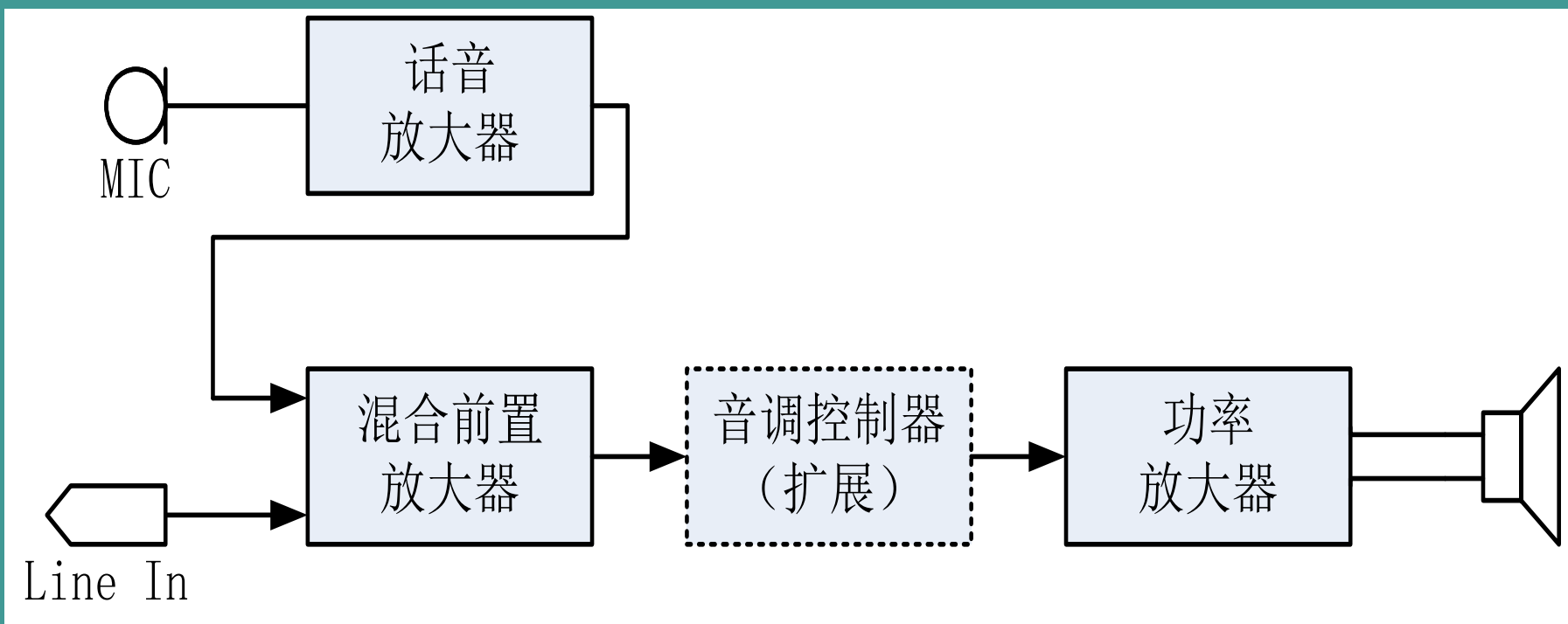
4

明确设计任务要求, 确定总体方案

- (1) 对系统的设计任务进行具体分析, 充分理解题目的要求、每项指标的含义。
- (2) 针对系统提出的任务、要求和条件, 查阅资料, 广开思路, 提出尽量多的不同方案, 仔细分析每个方案的可行性和优缺点, 加以比较, 从中选取合适的方案。
- (3) 将系统分解成若干个模块, 明确每个模块的功能、各模块之间的连接关系以及信号在各模块之间的流向等等。构建总体方案与框图, 清晰地表示系统的工作原理、各单元电路的功能、信号的流向及各单元电路间的关系。

4

原理框图



4

增益分配

- 输出功率：0.5W
- 负载：8Ω
- 对应输出电压：

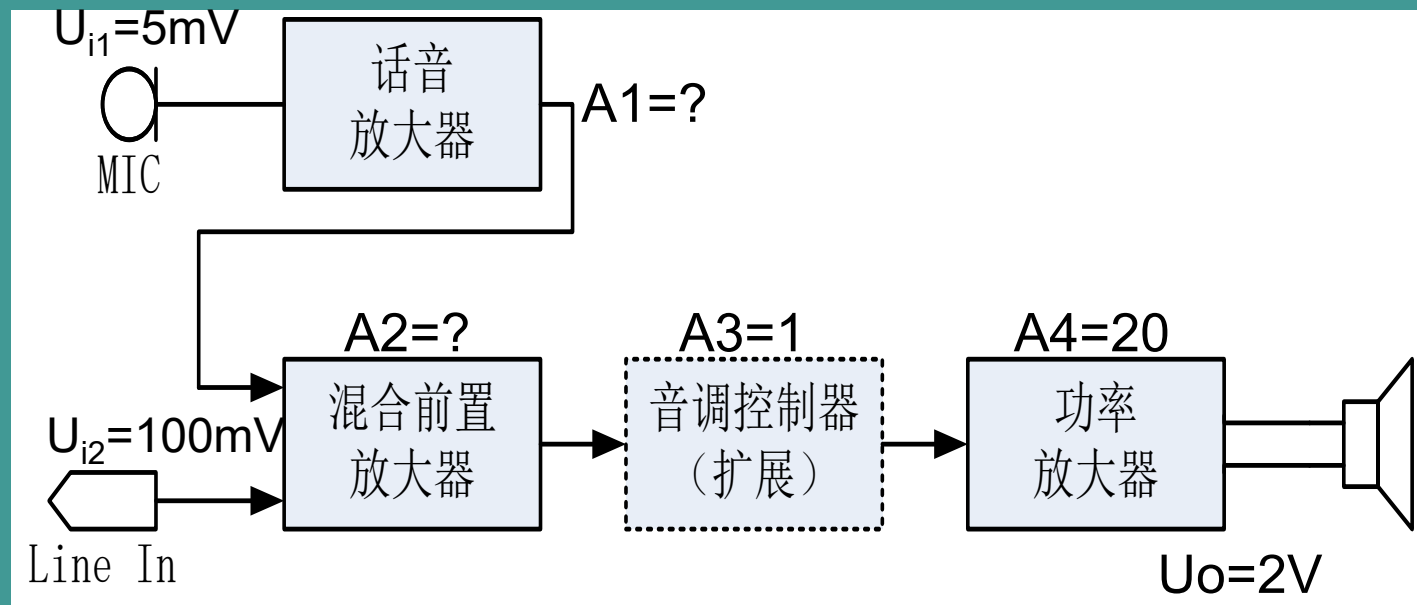
$$P_o = \frac{U_o^2}{R_L}$$

$$U_o = \sqrt{P_o R_L} = 2V$$

$$U_i = 5mV$$

$$A = \frac{U_o}{U_i} = \frac{2000}{5} = 400$$

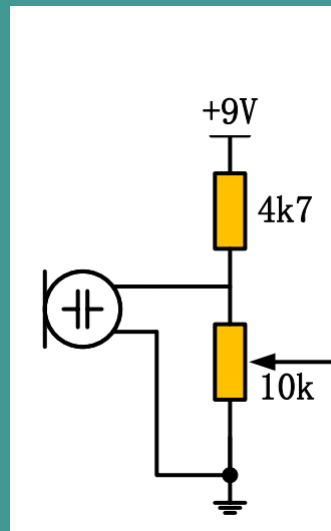
- Line In：设为100mV
- 放大倍数分配



4

话音放大器

- 由于话筒的输出信号一般只有5mV左右，而输出阻抗可能高达到20k。(亦有低输出阻抗的话筒如 20Ω 、 200Ω 等)，所以话音放大器的作用是不失真地放大声音信号(最高频率达到20kHz)。其输入阻抗应远大于话筒的输出阻抗。

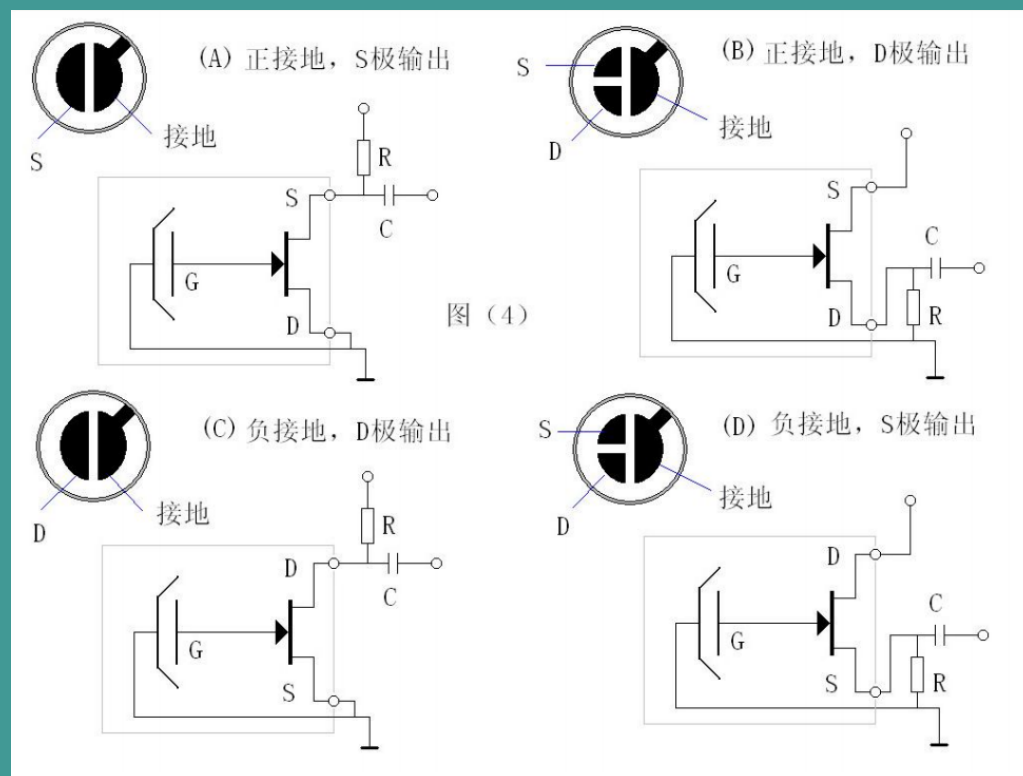


话筒采用驻极体话筒，二端型驻极体话筒放大电路图如图

4

驻极体话筒

- 驻极体话筒有 4 种连接方式，具体如下图所示，请检查自己所用的驻极体话筒是下图的哪种类型，以选择合适的电路



4

混合前置放大器

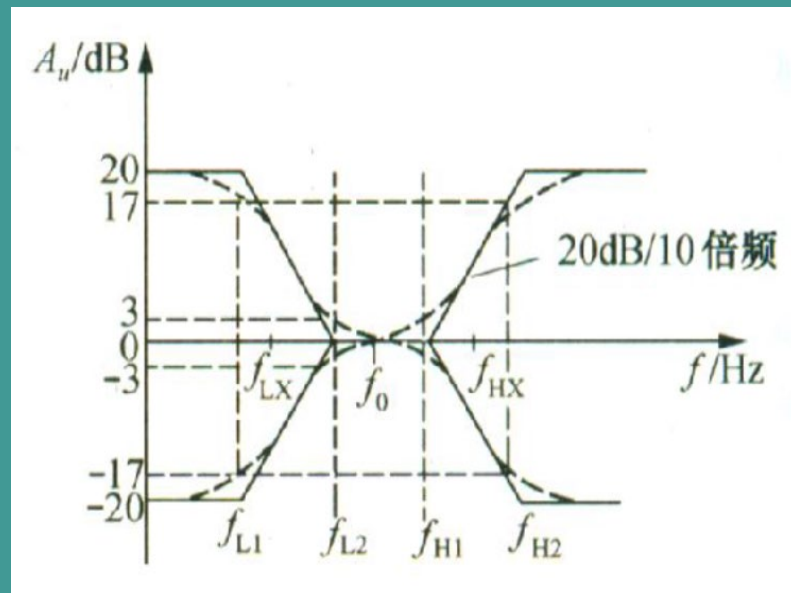
混合前置放大器的作用是将放大后的话音信号与Line In信号混合放大，起到了混音的功能。（Line In信号可以用一般的MP3输出）

混合前置放大器也就是设计一个加法器，同相还是反相呢？

4

音调控制

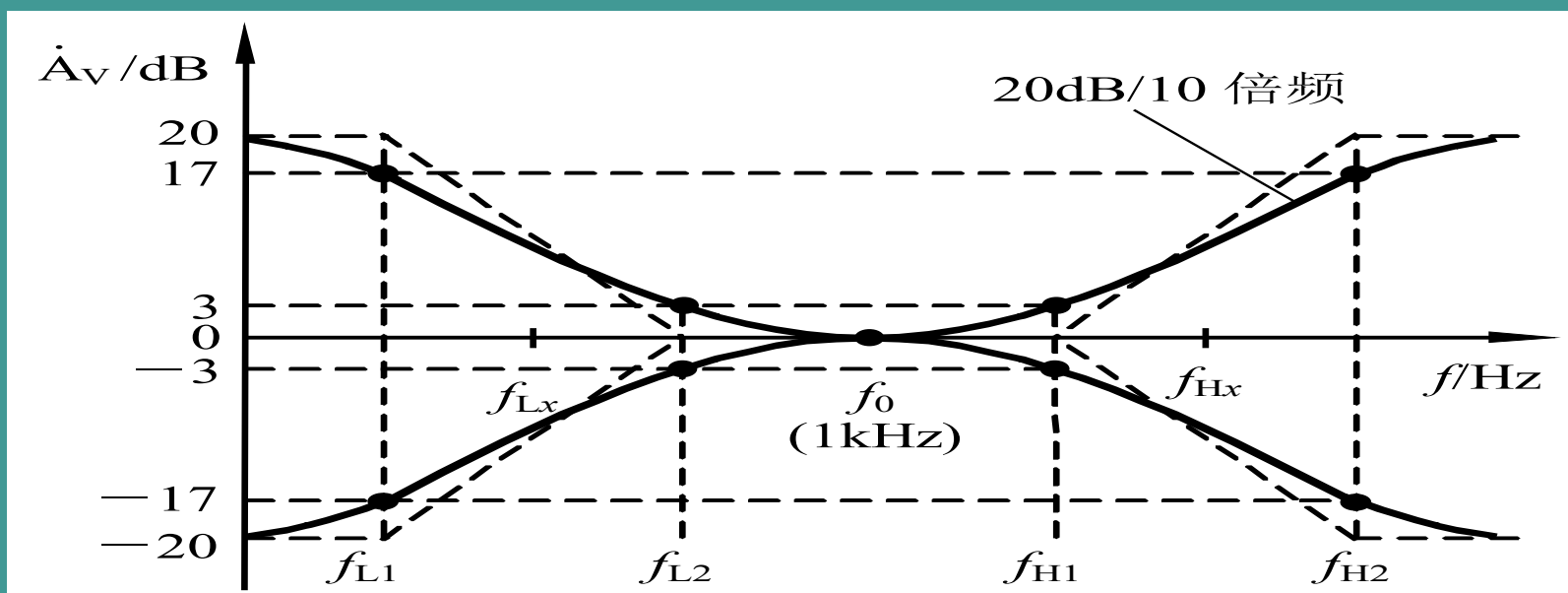
- 音调控制器是控制和调节音响放大器的幅频特性，人为地改变信号中高、低频成分的比重，以满足听者的爱好、渲染某种气氛、达到某种效果、或补偿扬声器系统及放音场所音响的不足。
- f_0 为表示中音频率，一般取1kHz，一个好的音调控制电路，要有足够的高、低音调节范围，但又同时要求高、低音从最强到最弱的整个调节过程里，中音信号不发生明显的幅度变化，以保证音量大致不变。
- 音调控制器只是对低频信号与高频信号的增益进行提升或衰减，中频信号增益保持不变，所以音调控制器是由低通滤波器与高通滤波器共同组成。



4

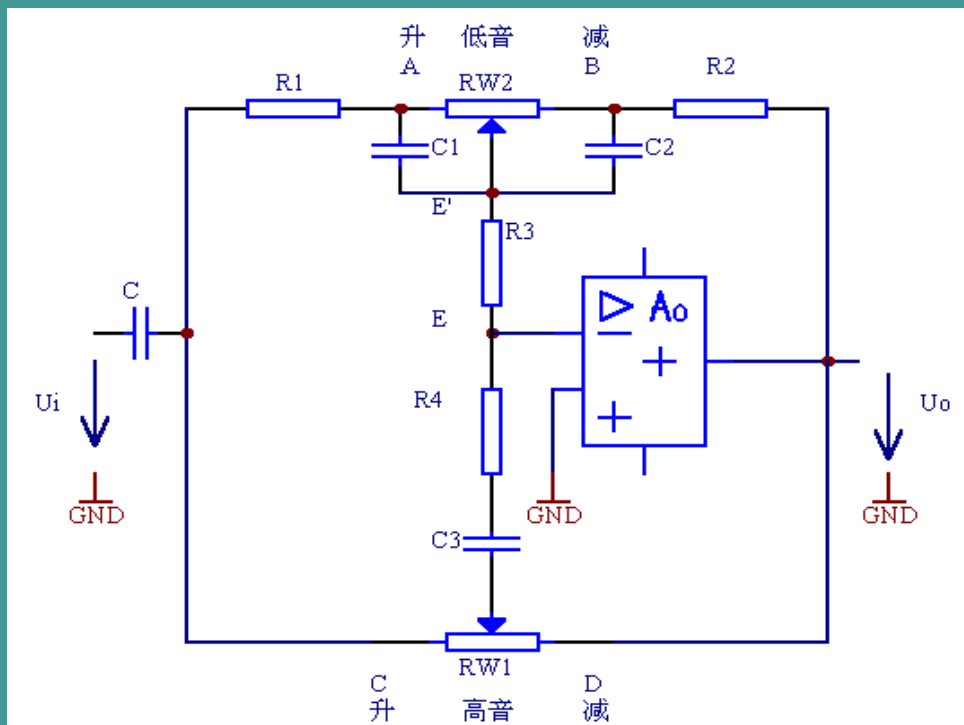
音调控制

- f_{L1} 表示低音频转折频率，一般为几十赫兹
- f_{L2} (约等于 $10f_{L1}$) 表示低音频区的中音频转折频率
- f_{H1} 表示高音频区的中音频转折频率
- f_{H2} (约等于 $10f_{H1}$) 表示高音频转折频率，一般为几十千赫兹



4

音调控制



- 信号在低频区

$$A_{UA} = \frac{R_1 + RW_2}{R_2}, \quad A_{UB} = \frac{R_2}{R_1 + RW_2}$$

$$f_{L1} = \frac{1}{2\pi RW_2 C_2}, \quad f_{L2} = \frac{R_2 + RW_2}{2\pi R_2 RW_2 C_2}$$

- 信号在高频区 (令 $R_1 = R_2 = R_3 = R$)

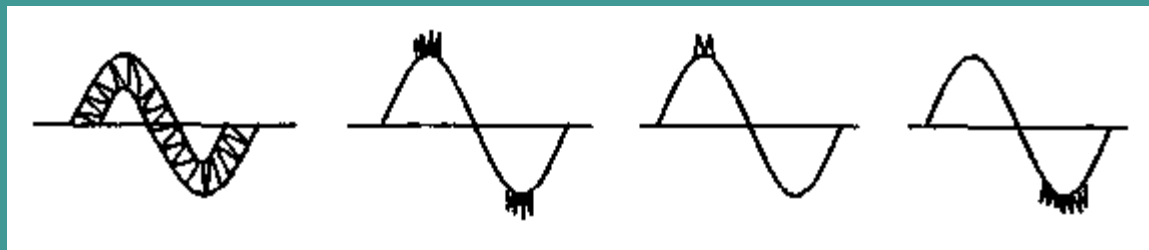
$$A_{UC} = \frac{R_4 + 3R}{R_4}, \quad A_{UD} = \frac{R_4}{R_4 + 3R}$$

$$f_{H1} = \frac{1}{2\pi C_3 (3R + R_4)}, \quad f_{H2} = \frac{1}{2\pi C_3 R_4}$$

4

自激

高频自激：集成块内部电路多极点引起的正反馈易产生高频自激，常见高频自激现象如图所示，可以加强外部电路的负反馈（如外接电容负反馈等）予以抵消。



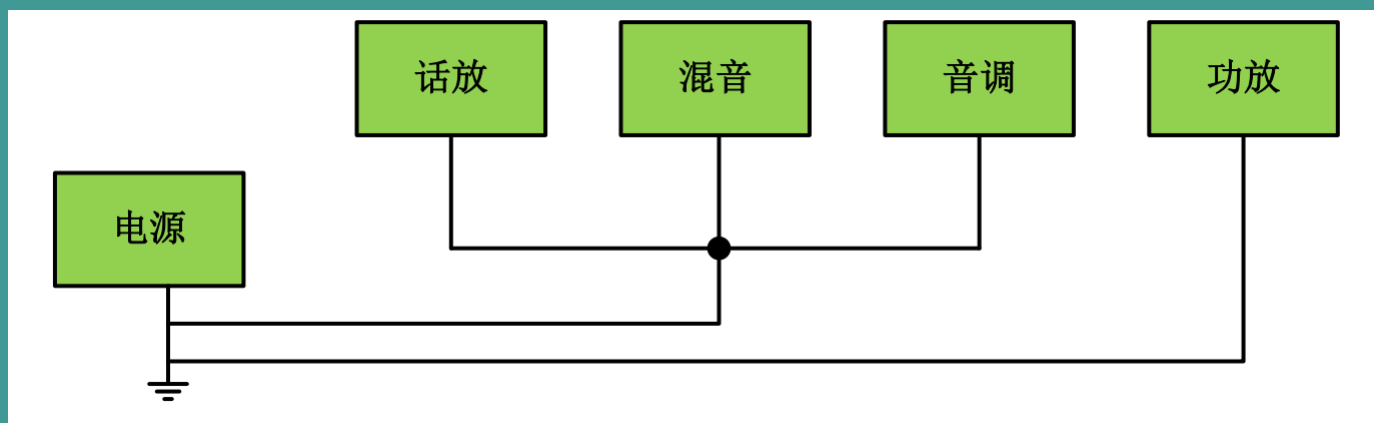
低频自激：常见的现象是电源电流表有规则地左右摆动、或输出波形上下抖动。产生的主要原因是输出信号通过电源及地线产生了正反馈，可以通过接入RC去耦滤波电路消除。

注意：如果电路出现自激，请在靠近功放的电源和地之间 并联10uF 和 0.01uF （103）电容进行去耦。

4

接地的重要地位

功放电路的接地好坏是电路成功的关键，小信号地和功率地要分开
单点接地



4

设计总结

- ① 尽量减少连线与器件数量；
- ② 功放电路与小信号电路离得远一些；
- ③ 在使用示波器测量各级波形时，测量小信号的示波器探头与小信号的电路共地，测量功放电路的示波器探头与功放电路共地，两个探头地不可以接到一起；
- ④ 如果示波器显示的波形有明显噪声，则可能产生了自激，可以在电源和地之间加上滤波电容。

5

验收说明

1. 验收分波形验收和试听验收两部分，波形验收分别检查各级的输入输出波形，并记录各级输入输出电压，一定是带负载验收。
2. 试听验收分为话音扩音、Line-In 试听、混音三部分
3. 提高部分验收，音调基本听不出来，以验收波形为准，以1KHZ为基准，分别验收125Hz和8KHz的输出范围。

5

MIC IN单路测量

理论波形：

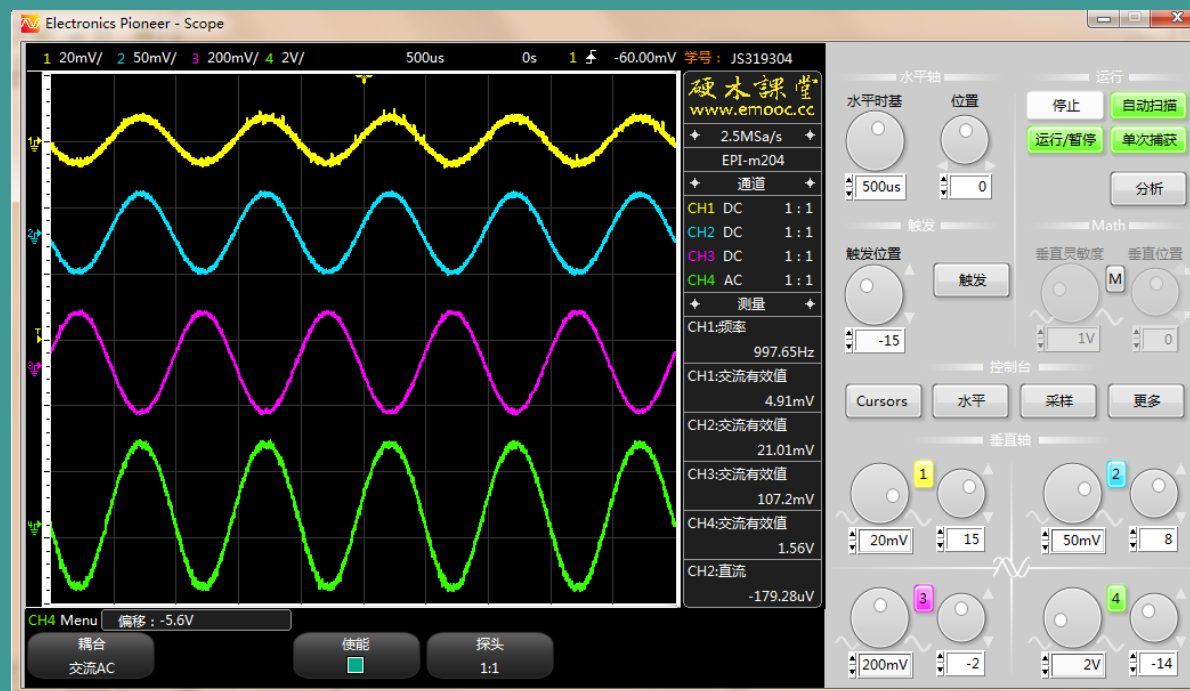
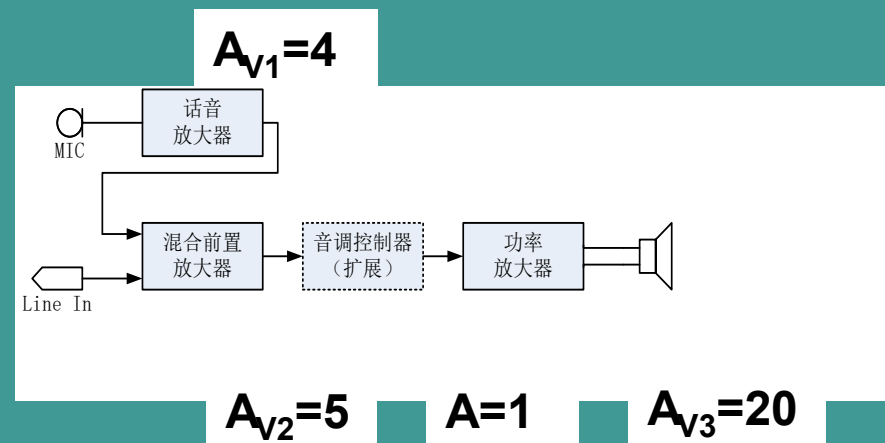
CH1: MIC IN, 1KHz, 5mV（有效值）；

CH2: MIC 话音放大, 20mV（有效值）；

CH3: MIC 混合放大, 100mV（有效值）；

CH4: 功放, 理论值2V。

注意此时，Line In接地，负载用大功率8欧电阻



5

LINE IN单路输出

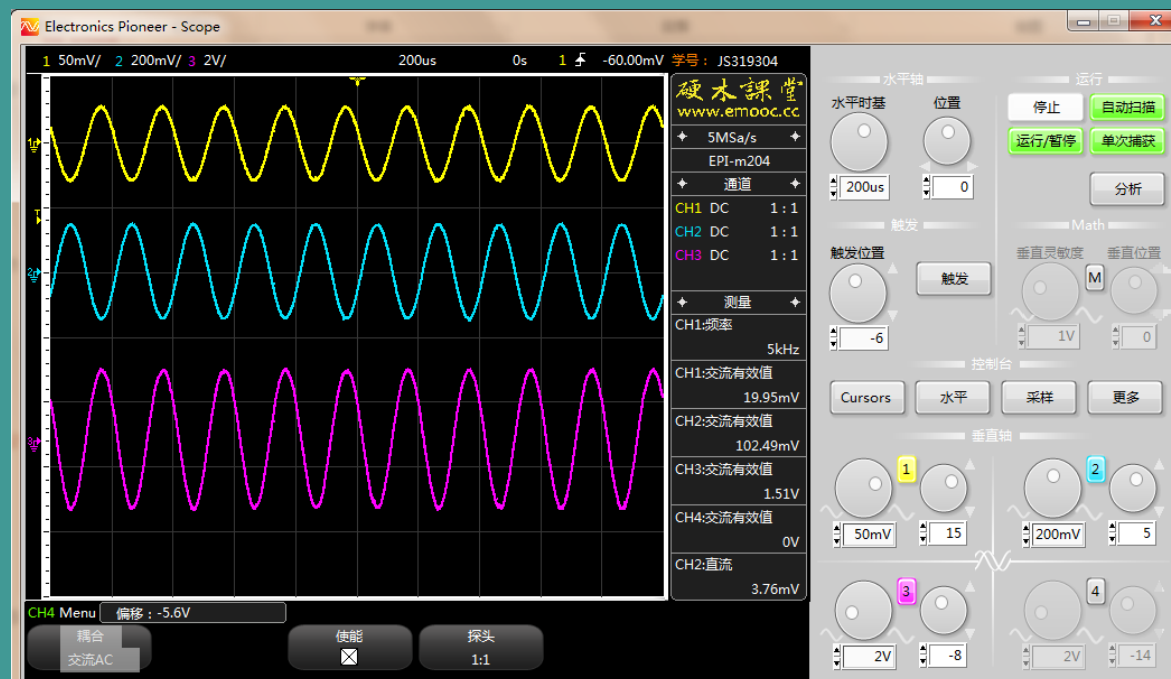
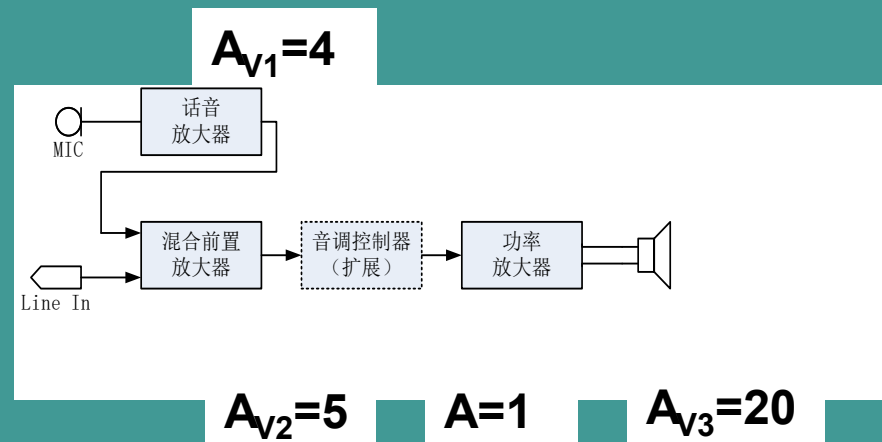
理论波形：

CH1: LINE IN, 5KHz, 20mV（有效值）；

CH2: LINE IN混合放大, 100mV（有效值）；

CH3: 功放, 理论值2V（有效值）。

注意此时MIC 接地，负载用大功率8欧电阻



5

MIC IN + LINE IN混合

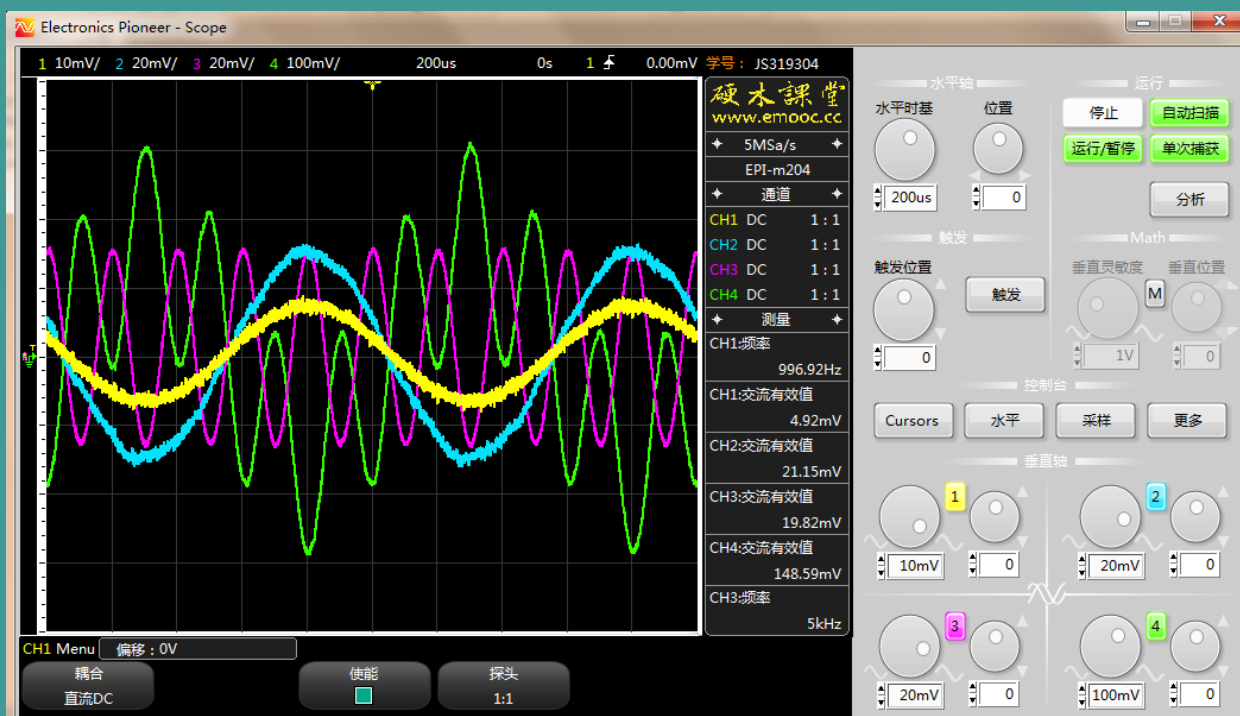
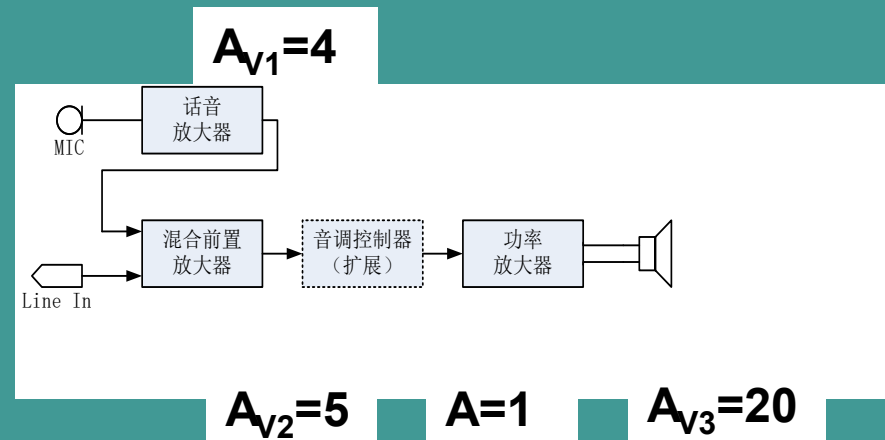
理论波形：

CH1: MIC IN, 1KHz, 5mV;

CH2: MIC 放大, 20mV;

CH3: LINE IN, 5KHz, 20mV;

CH4: 混放叠加148mV左右



5

效率测量

- 功率放大器的输出端接额定电阻 $8\ \Omega$ ；
- 信号源产生 $f=1\text{kHz}$ ，正弦信号，加在LM386的输入端
- 在直流电源与电路间串联直流电流表，测出电源输出电流 I_s
- 用电压表测出电源供电电压 V_{cc} ，电源消耗功率 $P_V = V_{cc} \times I_s$
- 效率 $\eta = P_o / P_V \times 100\%$

U_i (mVrms)	U_o (Vrms)	增益	输出功率 (mW)	电源电流 (mA)	电源功率 (mW)	效率
50						
100						

5

频率响应测量

- 1) 用波特仪测量MIC IN和功放输出之间的频率响应，记录上、下截止频率；
- 2) 用波特仪测量LINE IN和功放输出之间的频率响应，记录上、下截止频率；
- 3) 如未满足设计指标，修改电路，直到满足设计指标为止。

5

音调可调电路测量

- 将高音电位器调到中间位置，低音电位器分别旋至最左和最右，记录幅频特性曲线，并测量125Hz和1KHz的增益；
- 将低音电位器调到中间位置，高音电位器分别旋至最左和最右，记录幅频特性曲线，并测量8KHz和1KHz的增益。

U_i (mVrms) 输入	输入f	U_o (Vrms) 输出范围	增益	输出功率
	1KHZ			
	125HZ			
	8KHZ			



谢谢